

<b>Cours</b>	<b>Cours AL 1</b>	<b>TSI1 (Période 2)</b>
	<b>Alimenter : signaux électriques constants</b>	<b>1h</b>
	<b>Cycle 4 : Alimenter</b>	<b>2 semaines</b>

**MODELISER** : Modéliser le signal d'entrée.

**RESOUDRE** : Proposer une démarche permettant de déterminer des grandeurs électriques.

**RESOUDRE** : Déterminer les signaux électriques dans les circuits.

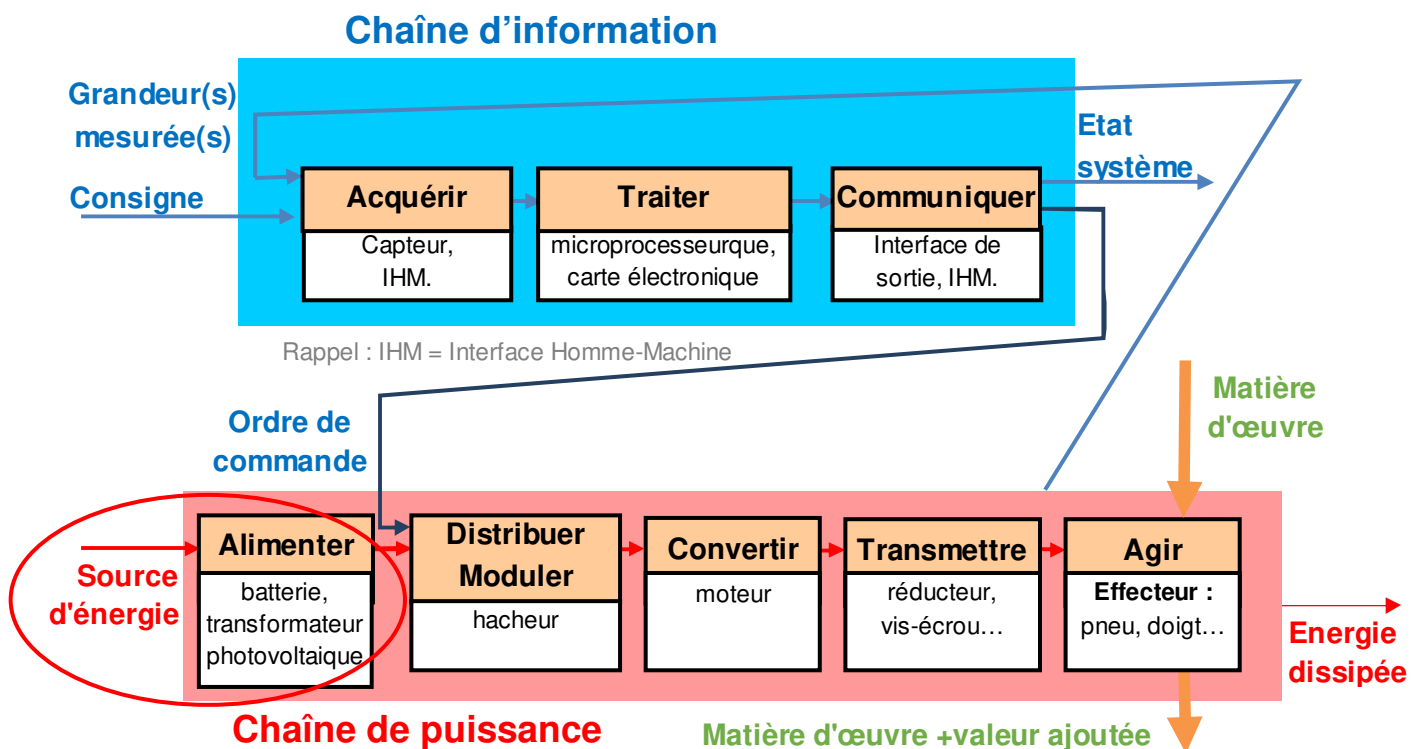
**EXPERIMENTER** : Mettre en œuvre un appareil de mesure adapté à la caractéristique de la grandeur à mesurer.

## 1 Problématique

Les systèmes industriels nécessitent une ou plusieurs sources d'énergie.

Pour une bonne gestion de l'énergie, on doit pouvoir assurer :

- L'utilisation optimum des actionneurs industriels (moteurs, chauffage, vérins...) : dimensionnement des actionneurs en fonction de la puissance nécessaire en sortie.
- La sécurité des biens et des personnes : adaptation des caractéristiques de la charge et de la source d'énergie (ou adaptation de la sécurité au niveau de tension)



On s'intéresse dans ce cours aux sources d'énergie électrique dans le cas où les courants et les tensions sont constants (pas d'évolution temporelle).

## 2 Définitions des sources de tension et courant : Modéliser

### 2.1 Notations

- en minuscule si le courant  $i$  ou  $i(t)$  (ou la tension  $u(t)$  ou  $v(t)$ ) est susceptible de varier avec le temps.
- en majuscule et avec un indice 0 si le courant  $I_0$  (ou la tension  $U_0$  ou  $V_0$ ) conserve la même valeur au cours du temps (valeur constante).

### 2.2 Source de tension idéale

Une **tension** traduit la tendance qu'aura l'électricité à circuler dans un circuit fermé (par analogie à la mécanique, c'est la hauteur d'eau dans une écluse qui traduit la tendance qu'aura l'eau à circuler en cas d'ouverture de l'écluse). La tension est définie entre 2 points.

Une **source de tension idéale** impose une tension  $U_0$  constante à ses bornes, indépendamment du courant  $i(t)$  qui la traverse.

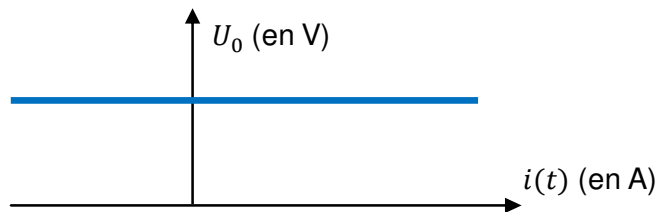
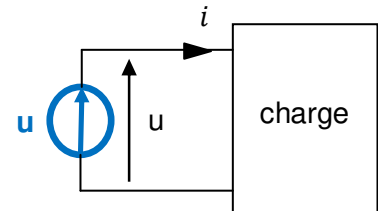


Figure 1 : Caractéristique  $u(i)$  d'une **source de tension** positive et constante

Exemples : batterie de voiture 12V, alimentation stabilisée réglable de 0 à 24V.

#### Schéma électrique

La source de tension respecte la **convention générateur** : la tension  $u(t)$  aux bornes de la source de tension est dans le même sens que le courant  $i(t)$  qu'il délivre à la charge.



Risque d'électrocution en milieu humide en dessus de 50V.

### 2.3 Source de courant idéale

Un **courant** traduit la circulation de l'électricité dans un circuit (par analogie à la mécanique, c'est le débit de l'eau à travers l'écluse). Le courant circule uniformément le long d'un conducteur.

Une **source de courant idéale** impose un courant  $I_0$ , indépendamment de la tension  $u(t)$  à ses bornes.



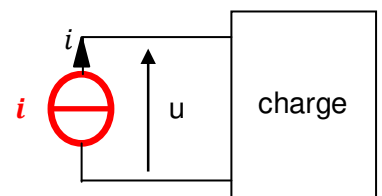
Figure 2 : Caractéristique  $u(i)$  d'une **source de courant** positive et constante

Exemples : un panneau photovoltaïque de 50A, moteur électrique délivrant 1A.

#### Schéma électrique

La source de courant respecte la **convention générateur** : la tension  $u$  aux bornes de la source de tension est dans le même sens que le courant  $i$  qu'il délivre à la charge.

Risque d'électrocution pour un courant supérieur à 25mA.



## 2.4 Puissance fournie par la source

La puissance électrique est le produit entre la grandeur effort (tension  $u$ ) et la grandeur flux (courant  $i$ ).

Pour une source de tension idéale  $U_0$  :

$$P = U_0 \cdot \langle i \rangle$$

Pour une source de courant idéal  $I_0$  :

$$P = \langle u \rangle \cdot I_0$$

$P$  : puissance électrique de la source idéale (en W)

$U_0$  : tension constante aux bornes de la source (en V)

$\langle i \rangle$  : (en A) valeur moyenne du courant délivrée par la source de tension

$\langle u \rangle$  : (en V) valeur moyenne de la tension aux bornes de la source de courant

$I_0$  : courant constant délivré par la source (en A)

La source est ainsi dimensionnée à l'aide de la puissance maximum qu'elle peut fournir :

- pour une source de tension idéale :  $P_{max} = U_0 \cdot I_{max}$
- pour une source de courant idéale :  $P_{max} = U_{max} \cdot I_0$

## 2.5 Réversibilité

La source de tension (ou de courant) est **réversible** si la tension à ses bornes (ou le courant qu'il délivre) peut changer de signe :

- une batterie n'est pas réversible en tension (mais sera réversible en courant pour la recharge),
- une alimentation stabilisée est rarement réversible,
- un panneau photovoltaïque n'est pas réversible.
- un moteur électrique est réversible en courant et en tension.

## 3 Exemple de charge : résistances

### 3.1 Résistance

Une résistance  $R$  est un composant dont la tension  $u_R$  à ses bornes et le courant  $i_R$  qui le traverse sont liés par :

$$\text{La loi d'Ohm : } u_R = R \cdot i_R$$

$u_R$  : tension aux bornes de la résistance  $R$  (en V)

$i_R$  : courant qui circule dans la résistance  $R$  (en A)

$R$  : résistance en Ohm (en  $\Omega$ )

Exemple : Résistance  $R = 12\Omega$  traversée par un courant  $I_0 = 1A$  aura une tension à ses bornes  $U_0 = 12V$

#### Schéma électrique

La résistance respecte la **convention récepteur** :

la tension  $u_R$  aux bornes de la résistance est en **sens inverse** du courant  $i_R$  qui le traverse (ici le courant est imposé par la source  $i = i_R$ ).



### 3.2 Utilisation pratique

Les résistances se rencontrent dans les chaînes de puissances pour convertir l'énergie électrique en énergie thermique.

Les résistances servent également à adapter la tension notamment dans les circuits de la chaîne d'information.

Enfin les résistances modéliseront les conducteurs électriques considérés comme non parfait.

## 4 Lois de Kirchoff

Les lois de Kirchoff permettent d'établir les relations :

- entre les tensions : loi de mailles,
- entre les courants : loi des nœuds.

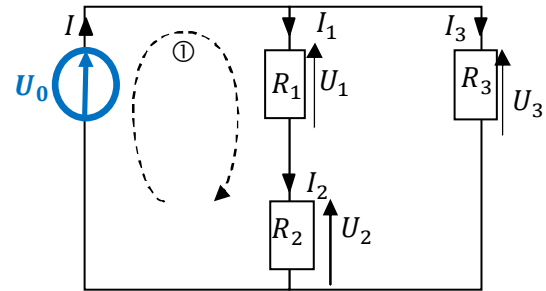
### 4.1 Loi des mailles

La somme algébrique des **tensions continues** dans une maille (ou boucle) du circuit électrique est nulle :

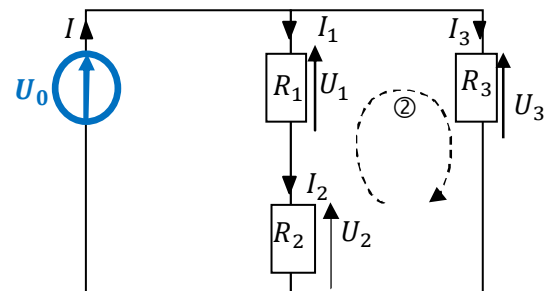
- lorsque l'on parcourt la boucle dans un sens (ce sens est indifférent : trigonométrique ou horaire) :
  - la tension est affectée du signe + si elle est dans le sens de la boucle
  - la tension est affectée du signe – si elle est dans le sens inverse à la boucle

**Loi des mailles :  $\sum_{i=1}^n \pm U_i = 0$**

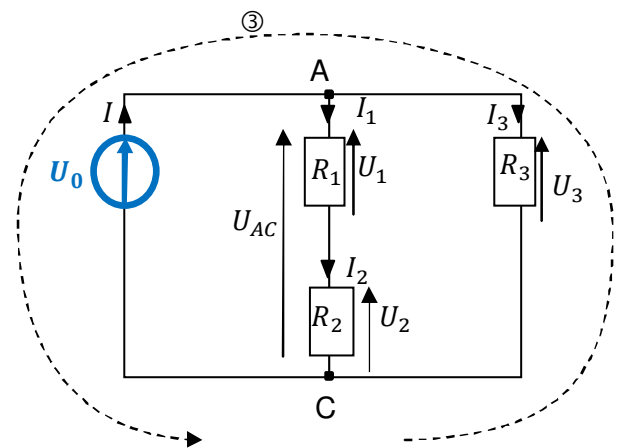
Loi des mailles ① :  $U_0 - U_1 - U_2 = 0$



Loi des mailles ② :  $U_1 + U_2 - U_3 = 0$



Loi des mailles ③ :  $U_3 - U_0 = 0$   
(attention : sens trigonométrique pour exemple)



Remarque :

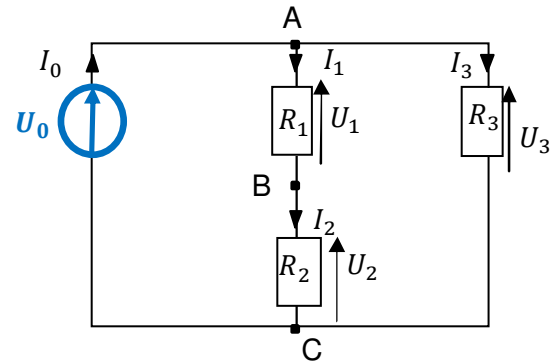
- pour établir les relations entre l'ensemble des tensions, il suffit d'écrire une loi des mailles par boucle (ici la loi de mailles ③ est redondante avec les mailles ① et ②).
- On note parfois  $U_{AC}$  la tension du point A par rapport au point C :  $U_{AC} = V_A - V_C$  (où  $V_A$  et  $V_C$  sont les niveaux de potentiel de tension par rapport à une référence ; par défaut la ligne basse du circuit vaut  $0V \rightarrow V_C = 0$ ).

## 4.2 Loi des nœuds

La somme algébrique des **courants continus** en un nœud du circuit électrique est nulle (un nœud est un point de connexion entre plusieurs composants) :

- le courant est affecté du signe + si le courant est dirigé vers le nœud,
- le courant est affecté du signe - si le courant part du nœud.

$$\text{Loi des nœuds : } \sum_{i=1}^n \pm I_i = 0$$



$$\text{Loi des nœuds en A : } I_0 - I_1 - I_3 = 0$$

On pourrait aussi écrire la loi des nœuds en C mais cela serait redondant avec la loi des nœuds en A qui fait intervenir les mêmes courants.

## 4.3 Théorème de Millman

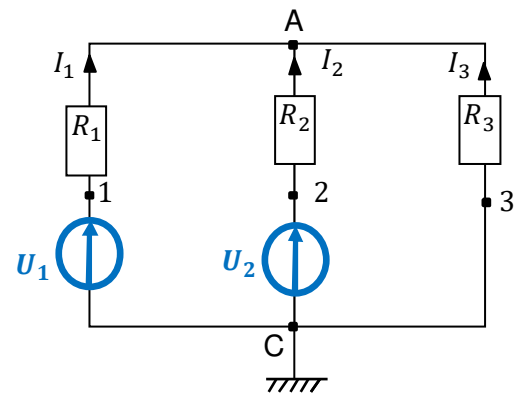
Une autre façon d'écrire la loi des nœuds afin d'obtenir une relation entre les tensions est le théorème de Millman (loi des nœuds dans laquelle on a intégré la loi d'Ohm).

Ce théorème fait appel à la notion de potentiel (= niveau de la tension en un point) et nécessite de définir un point de potentiel nul (par défaut, il s'agit du point le plus bas dans le circuit).

**Théorème de Millman :**

$$V_A = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \dots}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

- $V_A$  : potentiel du nœud A
- $R_1, R_2$  et  $R_3$  : les résistances connectées au nœud A
- $V_1, V_2$  et  $V_3$  : les potentiels à l'autre borne des résistances  $R_1, R_2$  et  $R_3$  connectées au nœud A



Ce théorème nécessite des développements calculatoires afin qu'il n'y ait plus de fraction avec des résistances au numérateur et au dénominateur.

Exemple :

$$V_A = \frac{\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{0}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

On multiplie en haut et en bas par  $R_1 \cdot R_2 \cdot R_3$  :

$$V_A = \frac{\frac{R_1 R_2 \cdot R_3 \cdot U_1}{R_1} + \frac{R_1 R_2 \cdot R_3 \cdot U_2}{R_2}}{\frac{R_1 R_2 \cdot R_3}{R_1} + \frac{R_1 R_2 \cdot R_3}{R_2} + \frac{R_1 R_2 \cdot R_3}{R_3}} = \frac{R_2 \cdot R_3 \cdot U_1 + R_1 \cdot R_3 \cdot U_2}{R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2}$$

## 5 Associations entre composants

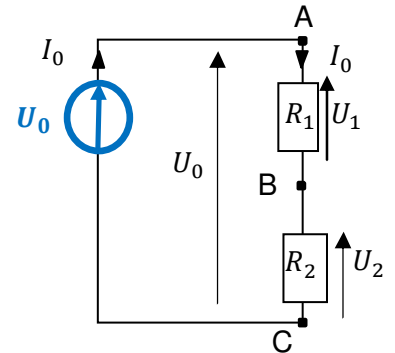
## 5.1 Association en série

Des composants sont **en série** lorsqu'ils sont parcourus par le **même courant** ( $R_1$  et  $R_2$  sont en série).

### 5.1.1 Association en série de résistances

Par la loi des mailles allant de C à A en passant par  $R_1$  et  $R_2$ , on obtient  $U_0 = U_1 + U_2$ .

En écrivant la loi d'Ohm, on obtient la relation suivante :  $U_0 = (R_1 + R_2) \cdot I_0$   
L'association en série des 2 résistances est donc une résistance équivalente valant  $R_{eq} = R_1 + R_2$ .



Association **en série** de 2 résistances :  $R_{eq} = R_1 + R_2$

Généralisation à n résistances **en série** :  $R_{eq} = \sum_{i=1}^n R_i$

### 5.1.2 Pont diviseur de tension

L'application des lois de Kirchoff à des résistances en série permet d'établir une relation entre les tensions.

Pont diviseur de tension :

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_0$$

$U_2$ : tension aux bornes de la résistance  $R_2$   
 $R_1$  et  $R_2$  : 2 résistances en série

$U_0$  : tension aux bornes des 2 résistances en série

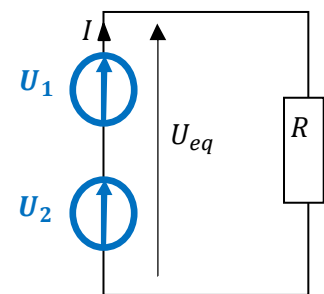
Exemple :  $R_1$  et  $R_2$  alors  $U_2 = U_0/2$

### 5.1.3 Association en série de sources de tension

L'application de la loi des mailles aux bornes de l'association des sources de tension permet d'écrire :

Association **en série** de 2 sources de tension :  $U_{eq} = U_1 + U_2$

Généralisation à n sources de tension **en série** :  $U_{eq} = \sum_{i=1}^n U_i$



**Remarque :**

L'association en série de sources de courant est problématique car il faut alors que chaque source de courant soit identique et génère le même courant (toutes les sources sont endommagées si l'une des sources est endommagée).

## 5.2 Association en parallèle

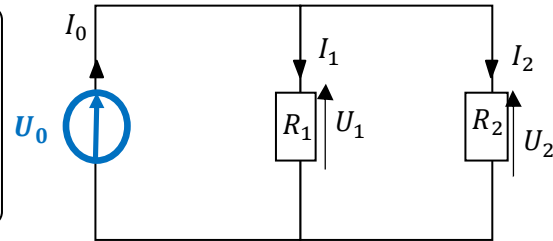
Des composants sont en parallèle (ou en dérivation) lorsqu'ils sont reliés 2 à 2 par leurs 2 bornes ( $R_1$  et  $R_2$  suivants sont en parallèle).

### 5.2.1 Association en parallèle de résistances

L'application des lois de Kirchoff conduisent au résultat suivant :

Association **en parallèle** de résistances :  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Généralisation à n résistances **en parallèle** :  $\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{R_i}\right)$

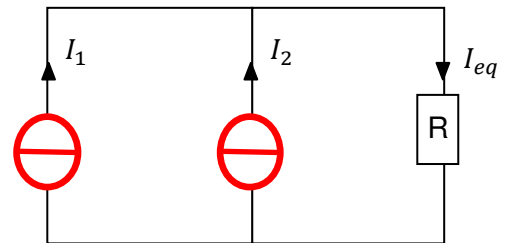


### 5.2.2 Association en parallèle de sources de courant

L'application de la loi des nœuds permet d'établir que :

Association **en parallèle** de sources de courant :  $I_{eq} = I_1 + I_2$

Généralisation à n sources de courant **en parallèle** :  $I_{eq} = \sum_{i=1}^n I_i$



Remarque : l'association en parallèle de source de tension est problématique car il faut alors que chaque source de tension soit identique et génère la même tension (toutes les sources sont endommagées si l'une des sources est endommagée).

## 5.3 Superposition

Dans le cas de circuits complexes (mise en série ou en parallèle de sources non parfaites avec des résistances internes), une solution pour simplifier l'étude est d'utiliser le théorème de superposition :

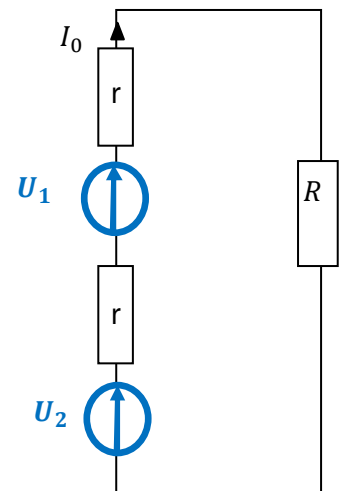
- on calcule le courant  $I_i$  avec une seule source  $U_i$  en fonctionnement,
- le courant  $I_0$  avec toutes les sources en fonctionnement est la somme des courants  $I_i$  généré isolément par chaque source  $U_i$ .

**Théorème de superposition :**

$$I_0 = I_1 + I_2$$

$I_0$  : courant dans le circuit en présence de  $U_1$  et  $U_2$

$I_1$  et  $I_2$  : courant dans le circuit en présence respectivement de  $U_1$  ou de  $U_2$



Exemple : avec  $U_2=0$  :  $I_1 = \frac{U_1}{R+2r}$   
 avec  $U_1=0$  :  $I_2 = \frac{U_2}{R+2r}$   
 par superposition  $I_0 = \frac{(U_1+U_2)}{R+2r}$

## 6 Mesures

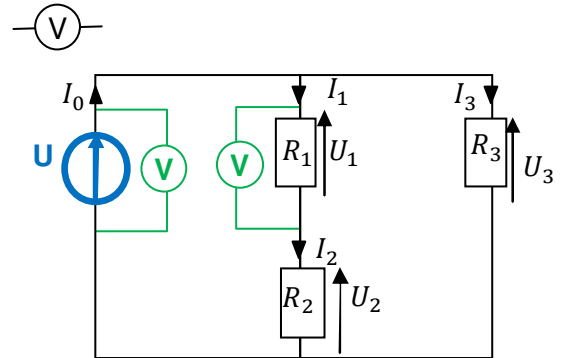
### 6.1 Mesure de la tension

Le symbole électrique pour indiquer une mesure de tension est  $\text{---}(\text{V})\text{---}$  puisque la mesure sera en Volt (V)

La mesure de la tension se fait en parallèle des composants :

**Appareils de mesure :**

- voltmètre : mesure la valeur moyenne ou la valeur efficace de la tension
- oscilloscope : mesure de l'évolution temporelle de la tension



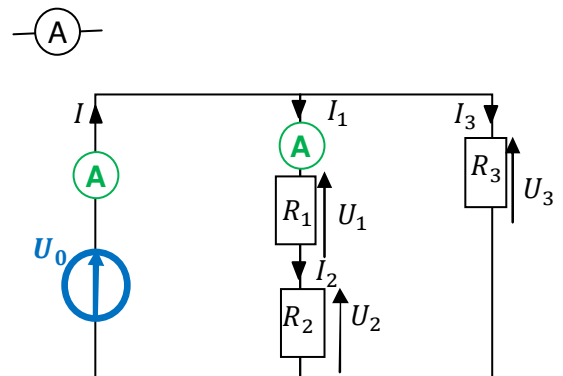
### 6.2 Mesure du courant

Le symbole électrique pour indiquer une mesure de courant est  $\text{---}(\text{A})\text{---}$  puisque la mesure sera en Ampère (A)

La mesure de la courant se fait en série avec les composants (il faut ouvrir le circuit pour placer l'appareil de mesure ou placer une sonde de courant autour d'un conducteur) :

**Appareils de mesure :**

- pince ampèremétrique : mesure la valeur moyenne ou la valeur efficace du courant
- oscilloscope + sonde ampèremétrique : mesure de l'évolution temporelle du courant



### 6.3 Mesure de résistance

Le symbole électrique pour indiquer une mesure de résistance est  $\text{---}(\Omega)\text{---}$  puisque la mesure sera en Ohm ( $\Omega$ )

**Procédure de mesure de résistance avec un Ohmmètre :**

- **supprimer les sources** : source en dérivation remplacée par un circuit ouvert ; source en série remplacée par un fil.
- **débrancher** le composant du circuit
- **boucler** le composant sur l'Ohmmètre.

